

燃料電池システムの起動方法

発明の背景

発明の分野

この発明は、起動性を高めることができる燃料電池システムの起動方法に関するものである。

本出願は、2002年11月28日に出願された日本国特願2002-346335、2002年11月29日に出願された日本国特願2002-347667、及び、2003年10月23日に出願された日本国特願2003-363593に基づく優先権を主張し、それらの内容を含むものとする。

背景技術

燃料電池には、固体高分子電解質膜の両側にアノードとカソードとを備え、アノードに燃料ガス（例えば水素ガス）を供給し、カソードに酸化剤ガス（例えば空気）を供給して、これら反応ガスの酸化還元反応にかかる化学エネルギーを直接電気エネルギーとして抽出するようにしたものがある。

この燃料電池では、一般に、燃料の利用率を上げて燃費を向上させるために、消費されずに燃料電池から排出される未反応の水素ガスをリサイクルさせ新鮮な燃料ガスと混合して再度燃料電池に供給するように燃料循環流路を形成したものがある。

これらの燃料電池を停止するにあたっては空気の供給を停止し、次に水素ガスの供給を停止することで、停止後に燃料電池内部に残った反応ガスにより停止時に発電作用が生じないようにした技術が知られている（例えば、特表2000-512069号公報参照）。

ところで、燃料電池の停止時においては外部負荷への電力供給は遮断されるが、燃料電池はアノード又はカソードの触媒による酸化反応で系内に残留している反応ガスが消費される。つまり、酸化剤供給系では空気、燃料循環系では水素ガスが系内に残留してその残留反応成分は燃料電池の停止時間にしたがって徐々に消費されるのである。ところが、空気中の酸素ガスは消費されるが、窒素ガスは

内部に残りカソード側の窒素ガス分圧が高まり水素循環系の圧力が低下するのでアノード側へも窒素ガスが固体高分子電解質膜を通過してリークし、燃料電池の循環系内に浸透する。

しかしながら、上述したように燃料電池の循環系に窒素ガスが浸透すると、起動時において、反応ガス、とりわけ水素ガスを供給した場合に、水素循環系内に存在する窒素ガスが障害となり、燃料電池内に反応ガスを供給しても反応がスムーズになされない問題がある。

特に、燃料電池が車両用燃料電池である場合には、上記空気中の窒素ガスが系内に浸透していると燃料電池の起動に時間がかかるため、燃料電池車両の始動性が悪くなり商品性が悪化するという問題がある。また、燃料電池システムの停止後の経過時間と大気圧の変動の如何によっては、逆にアノード内の圧力が大気圧以下となる場合も考えられ、このときにアノード側に不純ガスが逆流してしまうと、燃料電池の速やかな始動の障害となる場合がある。

発明の要旨

そこで、この発明は速やかに始動を行うことができる燃料電池システムの起動方法を提供するものである。

上記課題を解決するために、本発明は、燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、前記燃料電池に燃料ガスを供給すると共に前記パージ弁を開作動させて、前記空気に由来し前記燃料ガス循環流路内に存在する窒素ガスを前記燃料ガスで置換する段階と、前記燃料ガス循環流路内の前記窒素ガスが前記燃料ガスで置換された後に、前記パージ弁を閉作動させる段階と、を含む方法を提供する。

上記方法によれば、燃料ガスの供給とパージ弁の開作動により、とりわけ窒素ガスによる悪影響が大きい燃料ガス側の系内の窒素ガスを排出して、燃料ガスを

供給し燃料電池内に燃料ガスを満たした後にパージ弁を閉じることにより、無駄な燃料ガスを使用せず、燃料ガス循環流路に残留した窒素ガスが障害となって発電開始までの時間が長くなるのを防止できる。したがって、車両用として使用した場合に始動性が向上して好適である。

前記パージ弁を閉作動させる時期は、前記燃料電池の停止時間に応じて決定してもよい。

上記方法によれば、燃料電池の停止時間が長ければ長いほど、パージ弁を閉作動させる時期を遅らせて、窒素ガスを燃料ガスで置換する時間を確保することができる。従って、燃料電池の停止時間に応じて決定される燃料ガス循環流路内の残留窒素ガスを燃料ガスで置換できた時点で正確にパージ弁を閉作動させることができる効果がある。

前記燃料電池の停止時間は、前記燃料電池の温度又は前記燃料電池の電圧に基づいて推定してもよい。

上記方法によれば、燃料電池の停止時間が長ければ長いほど燃料電池の温度は低くなり、又は発電電圧は低くなることに着目して、燃料ガスに置換すべき窒素ガスの量を決定する前記燃料電池の停止時間を正確に推定することができる。

前記パージ弁を閉作動させる時期は、前記燃料ガス循環流路からの排出ガスに含まれる燃料ガス濃度に応じて決定してもよい。

上記方法によれば、窒素ガスが燃料ガスに置換されるほど、燃料ガス循環流路内の燃料ガス濃度が上がることに着目して前記パージ弁を閉作動させる時期を決定することができるため、無駄な燃料ガスを使用せず、燃料ガス循環流路に残留した窒素ガスが障害となって発電開始までの時間が長くなるのを防止できる。したがって、車両用として使用した場合に始動性が向上して好適である。

本発明は、また、燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、前記燃料電池に燃料ガスの供給を開始する段階と、前記燃料ガスの供給開

始後に、前記燃料電池の推定停止時間に応じて決定される時間だけ前記パージ弁を開作動させる段階と、前記パージ弁を閉作動させる段階と、を含む方法を提供する。

上記方法によれば、前記燃料ガスを供給した後にパージ弁を前記推定停止時間に応じた時間で開作動させることにより、燃料ガス側の系内の窒素ガスを排出して、燃料電池内に燃料ガスを満たした後にパージ弁を閉じる。従って、無駄な燃料ガスを使用せず、燃料ガス循環流路に残留した窒素ガスが障害となって発電開始までの時間が長くなるのを防止でき、車両用として使用した場合に始動性が向上して好適である。

前記燃料電池の推定停止時間は、前記燃料電池の温度又は前記燃料電池の電圧に基づいて推定してもよい。

上記方法によれば、燃料電池の停止時間が長ければ長いほど燃料電池の温度は低くなり、又は発電電圧は低くなることに着目して、前記燃料電池の推定停止時間を正確に推定することができる。

本発明は、また、燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、前記燃料電池に燃料ガスの供給を開始する段階と、前記燃料ガスの供給開始後に、前記パージ弁を開作動させる段階と、前記燃料ガス循環流路からの排出ガスに含まれる燃料ガス濃度に応じて前記パージ弁を閉作動させる段階と、を含む方法を提供する。

上記方法によれば、前記燃料電池に燃料ガスが供給されるほど、燃料ガス循環流路内の燃料ガス濃度が上がることに着目して前記パージ弁を開作動させる時期を決定することができる。従って、無駄な燃料ガスを使用せず、燃料ガス循環流路に残留した窒素ガスが障害となって発電開始までの時間が長くなるのを防止でき、車両用として使用した場合に始動性が向上して好適である。

前記パージ弁の開作動後、前記燃料電池の発電を開始してもよい。

上記方法によれば、燃料ガス側の系内に燃料ガスを満たした状態で、前記燃料電池の発電を開始することができるため、車両用として使用した場合に始動性がさらに向上して好適である。

前記パージ弁を開作動させる時期は、前記燃料ガス循環流路の圧力および前記燃料電池の電圧に応じて決定してもよい。

上記方法によれば、前記燃料電池の停止時間が長ければ長いほど発電電圧は低くなり、その一方で、前記燃料電池の停止時間が比較的短い場合には残存する水素が前記酸素ガスの系内に残存する酸素と反応するため前記燃料ガス循環流路の圧力は低下していき、前記燃料電池の停止時間が比較的長くなると前記酸素ガスの系内に残存する窒素ガスが前記燃料ガスの系内に逆拡散するため前記燃料ガス循環流路の圧力は上昇していくことに着目して、前記燃料電池の推定停止時間を精度よく推定することができる。従って、燃料ガス側の系内から窒素ガスを排出して燃料ガスで満たすことができるとともに、無駄な燃料ガスを使用せず、燃料ガス循環流路に残留した窒素ガスが障害となって発電開始までの時間が長くなるのをより確実に防止でき、車両用として使用した場合に始動性がさらに向上して好適である。

本発明は、また、燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、前記燃料電池に燃料ガスを供給する段階と、前記燃料ガスの供給中に、前記燃料ガス循環流路内の圧力を測定する段階と、前記圧力の測定値に応じてパージ弁の開弁開始時刻を設定する段階と、を含む方法を提供する。

上記方法によれば、前記圧力の測定値に応じてパージ弁の開弁開始時間を設定することができるため、燃料ガス循環流路内への空気等の不純ガスの逆流を防止でき、燃料ガス循環流路内の燃料ガスのパージを円滑に行うことができる。従って、燃料電池による発電開始前において、燃料電池の燃料ガス循環流路に滞留している不純ガスを、効率的に排除できるため、燃料電池の起動（発電開始）を円

滑に行うことができる。

上記方法は、前記パージ弁の開弁開始時刻経過後に前記パージ弁を開作動させる段階と、前記空気に由来し前記燃料ガス循環流路内に存在する窒素ガスが前記燃料ガスで置換された後に、前記パージ弁を開作動させる段階と、をさらに含んでいてもよい。

上記方法によれば、燃料ガス循環流路内への空気等の不純ガスの逆流を防止でき、燃料ガス循環流路内の燃料ガスのパージを円滑に行うことができるとともに、燃料ガスの供給とパージ弁の開作動により、とりわけ窒素ガスによる悪影響が大きい燃料ガス側の系内の窒素ガスを排出して、燃料ガスを供給し燃料電池内に燃料ガスを満たした後にパージ弁を閉じる。従って、燃料ガス循環流路内の燃料ガスのパージを円滑に行うことができ、燃料電池による発電開始前において、燃料ガス循環流路内への空気等の不純ガスの逆流等を阻止することができ、燃料電池の燃料ガス循環流路間に滞留している不純ガスを効率的に排除できる。そして、燃料ガス循環流路内を高濃度な燃料ガスに置換することができ、燃料電池の起動（発電開始）を円滑に行うことができる。

本発明は、また、燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、前記燃料電池に燃料ガスを供給する段階と、前記燃料ガスの供給中に、前記燃料ガス循環流路内の圧力を測定する段階と、前記圧力の測定値が所定値以上か否かを判定する段階と、前記圧力の測定値が所定値以上になった時に、前記パージ弁を開作動させる段階と、を含む方法を提供する。

上記方法によれば、前記燃料電池に燃料ガスを供給する時に、測定された前記燃料ガス循環流路の圧力の測定値が所定値以上になった時に、前記パージ弁を開作動させるので、燃料ガス循環流路内への空気等の不純ガスの逆流を防止でき、燃料ガス循環流路内の燃料ガスのパージを円滑に行うことができるとともに、無駄な燃料ガスを使用せず、燃料ガス循環流路に残留した窒素ガスが障害となって

発電開始までの時間が長くなるのを防止できる。したがって、車両用として使用した場合に始動性が向上して好適である。

上記方法は、前記パージ弁の開作動後、前記空気に由来し前記燃料ガス循環流路内に存在する窒素ガスが前記燃料ガスで置換された後に、前記パージ弁を閉作動させる段階をさらに含んでもよい。

上記方法によれば、燃料ガス循環流路内への空気等の不純ガスの逆流を防止でき、燃料ガス循環流路内の燃料ガスのパージを円滑に行うことができるとともに、燃料ガスの供給とパージ弁の開作動により、とりわけ窒素ガスによる悪影響が大きい燃料ガス側の系内の窒素ガスを排出して、燃料ガスを供給し燃料電池内に燃料ガスを満たした後にパージ弁を閉じる。従って、発電開始までの時間が長くなるのを防止でき、車両用として使用した場合に始動性が向上して好適である。

本発明は、また、燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、前記燃料電池の推定停止時間に応じて、前記パージ弁を開作動または閉作動させるタイミングを設定する段階を含む方法を提供する。

上記方法によれば、前記燃料電池の推定停止時間に応じて、燃料ガス循環流路内への空気等の不純ガスの逆流を防止するように前記パージ弁を開作動させ、燃料ガスを供給し燃料電池内に燃料ガスを満たした後にパージ弁を閉作動させることができるため、速やかに始動を行うことができる。

図面の簡単な説明

図1は、この発明の実施形態の燃料電池車両に搭載された燃料電池システムの概略構成図である。

図2は、この発明の第1実施形態の燃料電池車両に搭載された燃料電池の起動処理を示すフローチャート図である。

図3は、この発明の第1実施形態のグラフ図である。

図 4 は、この発明の第 1 実施形態の他の態様のグラフ図である。

図 5 は、この発明の第 1 実施形態のタイムチャート図である。

図 6 は、この発明の第 2 実施形態のフローチャート図である。

図 7 は、この発明の第 2 実施形態のタイムチャート図である。

図 8 は、この発明の第 3 実施形態のフローチャート図である。

図 9 は、この発明の第 3 実施形態のグラフ図である。

図 10 は、この発明の第 3 実施形態の他のグラフ図である。

図 11 は、この発明の第 4 実施形態のフローチャート図である。

図 12 は、第 4 実施形態によるアノード入口圧力とパージ弁開弁開始時間との関係を示す特性線図である。

図 13 は、第 4 実施形態によるアノード入口圧力、遮断弁及びパージ弁の関係を示すタイムチャートである。

図 14 は、この発明の第 5 実施形態のフローチャート図である。

発明の詳細な説明

以下、この発明の実施形態を図面と共に説明する。図 1 に示すのは燃料電池車両に搭載された燃料電池システムの概略構成図である。

燃料電池 1 は、例えば固体ポリマーイオン交換膜等からなる固体高分子電解質膜 2 をアノード 3 とカソード 4 とで両側から挟み込んで形成されたセルを複数積層して構成されたものであり（図 1 では単セルのみを示す）、アノード 3 の反応ガス流路 5 に燃料ガスとして水素ガスを供給し、カソード 4 の反応ガス流路 6 に酸化剤ガスとして酸素ガスを含む空気を供給すると、アノード 3 で触媒反応により発生した水素イオンが、固体高分子電解質膜 2 を通過してカソード 4 まで移動して、カソード 4 で酸素と電気化学反応を起こして発電し、水が生成される。カソード側で生じた生成水の一部は固体高分子電解質膜 2 を介してアノード側に逆拡散するため、アノード側にも生成水が存在する。

空気はスーパーチャージャー（S/C）などのコンプレッサ 7 により所定圧力に加圧され、空気供給流路 8 を通って燃料電池 1 のカソード 4 の反応ガス流路 6 に供給される。燃料電池 1 に供給された空気は発電に供された後、燃料電池 1 か

らカソード側の生成水と共に空気排出流路 9 に排出され、排出ガス処理装置 10 に導入される。以下、燃料電池 1 に供給される空気を供給空気、燃料電池 1 から排出される空気を排出空気として区別する。

一方、水素タンク (H₂) 11 から供給される水素ガスは、水素ガス供給流路 (燃料ガス供給流路) 12 を通って燃料電池 1 のアノード 3 の反応ガス流路 5 に供給される。そして、消費されなかった未反応の水素ガスは、アノード側の生成水と共にアノード側に接続された水素ガス排出流路 (燃料ガス排出流路) 16 を経て水素ガス循環流路 (燃料ガス循環流路) 13 に排出され、更に、水素ガス循環流路 13 に設けた水素ポンプ 14 を介して水素ガス供給流路 12 に合流する。つまり、燃料電池 1 から排出された水素ガスは、水素タンク 11 から供給される新鮮な水素ガスと合流して、再び燃料電池 1 のアノード 3 の反応ガス流路 5 に供給される。

水素ガス循環流路 13 からは、排出弁であるパージ弁 15 を備えた水素ガスパージ流路 22 が分岐しており、水素ガスパージ流路 22 は排出ガス処理装置 10 に接続されている。この排出ガス処理装置 10 において燃料電池 1 の空気排出流路 9 から排出された排出空気と、水素ガスパージ流路 22 から排出された水素ガスとが希釈処理されて排出される。尚、17 は水素タンク 11 から供給される水素ガスを遮断する遮断弁、18 は燃料電池 1 の電気エネルギーにより駆動する車両走行用のモータ (外部負荷) を示している。ここで、パージ弁 15 は電気化学反応により生成される燃料電池 1 内の水を排出するために定期的に関作動したり、燃料電池 1 の発電電圧 (例えばセル電圧) が低下した場合に関作動させる。

前記燃料電池 1 は図示しない冷却循環流路及びその循環流路に冷却水を循環させるウォーターポンプなどを備え、電気化学反応に適した温度 (例えば 70℃) に制御されている。

前記燃料電池 1 は、コントロールユニットである ECU 19 により制御され、そのため ECU 19 には、燃料電池 1 の冷却水の温度を測定する冷却水温センサ 20 からの信号が入力され、コンプレッサ 7 の回転数、水素ポンプ 14 の回転数、遮断弁 17 の開閉、パージ弁 15 の開閉制御が行われる。又、ECU 19 は燃料電池 1 のセル電圧センサ 21、発電電流を測定する電流センサ 23、燃料電池

1の総電圧（全セル電圧）を測定する電圧センサ24、水素センサ25、アノード圧力センサ26、イグニッションスイッチ27からの信号が入力される。尚、電圧センサ21は各セル毎に電圧を測定するセンサであり、水素センサ25は排出ガス処理装置10内に設けられ水素濃度を測定するセンサであり、アノード圧力センサ26は燃料電池1の燃料ガス側の系内の圧力を測定するセンサである。本実施形態においては、燃料ガス側の系として、水素ガス循環流路13内の圧力をアノード圧力センサ26で測定している。

次に、図2のフローチャートに基づいて燃料電池システムの起動処理について説明する。この処理は燃料電池車両のイグニッションスイッチ27がONとなった場合に発電が開始されるまでの間に実行される処理である。

ステップS01において遮断弁17を開いて水素供給を開始すると共にパージ弁15を開き、必要に応じて水素ポンプ14を駆動する。そして、ステップS02に進む。

ステップS02ではタイムリミットか否かを判定する。判定結果が「YES」である場合はステップS07に進み、判定結果が「NO」である場合はステップS03に進む。ステップS07では水素センサ25が故障と判定してステップS8でパージ弁15を閉じて処理を終了する。タイムリミットを超えても、後述するステップS05において水素ガス濃度が上がらないのは、水素センサ25の故障が原因と考えられるからである。

ステップS03では燃料電池1の温度に応じたパージ弁15の開弁時間の算出を行いステップS04に進む。この算出は図3のマップ値を読み込むことにより行われる。このマップは横軸に燃料電池（冷却水）温度、縦軸にパージ弁15の開弁時間とした場合に、温度が一定の範囲で温度が高ければ高いほど開弁時間を短く設定している。尚、この燃料電池温度に替えて、燃料電池1のセル電圧（総電圧）を開弁時間を設定するパラメータとしてもよい。この場合には、図4に示すように、セル電圧センサ21（電圧センサ24）によりセル電圧（総電圧）が最低セル電圧（あるいは最低総電圧）を超えるとパージ弁15の開弁時間が短くなるように（図5のb→b'）設定することができる。

このようにして、前記燃料電池1の冷却水温度又は前記燃料電池1のセル電圧

（総電圧）に基づいて燃料電池 1 の停止時間を推定して、この推定停止時間に基づいてパージ弁 15 を閉作動させる時期（タイミング）を決定している。つまり、燃料電池 1 の停止時間が長いほど、燃料電池 1 の温度あるいは電圧は低いため、残留している水素ガスと空気中の酸素ガスとが反応して、それだけ多くの窒素ガスが水素ガス循環流路 13 内に残留しているので、パージ弁 15 を開弁時間を長く設定する必要があるのである。

ステップ S04 ではパージ弁 15 を開いてから経過した時間がステップ S03 の算出時間を超えているか否かを判定する。判定結果が「YES」で、超えている場合はステップ S08 に進み、判定結果が「NO」で、超えていない場合はステップ S05 に進む。尚、この算出時間は水素ガス濃度が所定値以上にならないように設定してある。

ステップ S05 では水素センサ 25 により測定された水素ガス濃度が所定値を超えているか否かを判定する。判定結果が「YES」で、所定値を超えている場合はステップ S08 に進み、判定結果が「NO」で、所定値を超えていない場合はステップ S06 に進んでパージ弁 15 を開いた状態を維持する。水素ガス濃度が所定値を超えていたら、十分に窒素ガスが水素ガスに置換されたと考えられるからである。

したがって、遮断弁 17 を開き水素タンク 11 から水素ガスを供給すると共にパージ弁 15 を開いた場合に、燃料電池 1 の温度がある程度高くなったり、あるいは水素センサ 25 により測定された排出ガス処理装置 10 内の水素ガス濃度が高くなった場合に、燃料電池 1 内部の窒素ガスが十分に排出され、水素ガス循環流路 13 内の窒素ガスが水素ガスによって置換できたと判定できるため、この時点でパージ弁 15 を閉じることで、無駄に水素ガスを消費せず、短時間で燃料電池 1 を起動することができる。よって、燃料電池車両の始動性を良好にすることができる。

図 5 は図 2 に対応したこの発明の第 1 実施形態のタイムチャート図を示している。同図において、イグニッションスイッチ 27 が ON（IGSWON）となると、燃料電池 1 は無負荷運転（a の区間）を行う。この運転は、燃料電池 1 がモータ 18 などの電気負荷とは接続はされていない運転であり、ここでは無負荷電

圧のチェックが行われ、又、二次電源として別に設けたバッテリーやキャパシタ等の蓄電装置からの電力でコンプレッサ 7 を駆動することで酸化剤ガスである空気と共に水素ガスを供給する。よって、この無負荷運転の間は負荷に対して発電電流が流れていない。

ここで、イグニッションスイッチ 2 7 が ON (IGSWON) となった直後に、水素ガス及び空気の供給を行うと共にパージ弁 1 5 を開くため排出ガス処理装置 1 0 の水素ガス濃度は上昇する。つまり、燃料電池 1 内部の窒素ガスが排出されてしまった後に、水素ガス濃度が上がり始めるのである。その後、燃料電池 1 の冷却水温の温度、あるいはセル電圧（総電圧）に応じて算出された一定時間（例えば、b の区間）の後にパージ弁 1 5 が閉じると、供給される水素ガスの一部が反応で消費される無負荷運転により水素ガス濃度は低下してゆく。尚、この b の区間は図 3 又は図 4 に示す上側のラインを示している。

そして、セル電圧が発電許可判定電圧閾値 X となると、燃料電池 1 がモータ 1 8 等の負荷に接続されて発電が開始される。これにより発電電流が生じセル電圧（総電圧）はやや低下する。そして、イグニッションスイッチ 2 7 が OFF (IGSWOFF) となって発電が停止される。

次に、再度イグニッションスイッチ 2 7 が ON (再 IGSWON) となり、一定時間（a' の区間）の無負荷運転が経過した後、燃料電池 1 の冷却水温の温度、あるいはセル電圧（総電圧）に応じて算出された一定時間（例えば、b' (b' < b) の区間）の後にパージ弁 1 5 が閉じると、供給される水素ガスの一部が反応で消費される無負荷運転により水素ガス濃度は低下してゆく。尚、この b' の区間は図 3 又は図 4 に示す下側のラインを示している。そして、セル電圧が発電許可判定電圧閾値 X に達したら発電を開始する。

したがって、このような再起動時においては、水素ガス循環流路 1 3 内にそれほど窒素ガスが浸透していないので、パージ弁 1 5 の開作動時間を短くし（b' < b）、無駄な水素ガスが排出されないようにし、より早く発電を開始できるようにしている。尚、図 5 に示すように、水素ガス濃度は排出水素濃度許可閾値以下に抑えられている。

ここで、この実施形態における燃料電池 1 の停止時間とは、図 5 におけるイグ

ニッションスイッチ27のOFF（IGSWOFF）からイグニッションスイッチ27のON（IGSWON）までの時間、及び図示しない最後のイグニッションスイッチ27のOFF（IGSWOFF）から図5の最初のイグニッションスイッチ27のON（IGSWON）までの時間を意味している。

次に、図6のフローチャートに基づいてこの発明の第2実施形態の燃料電池システムの起動処理について説明する。

この実施形態では、パージ弁15の開弁時間を、水素ガスを供給する前の燃料電池のセル電圧（総電圧でも可）に基づいて定めたものである。

ステップS10において、遮断弁17が開か否かを判定する。判定結果が「YES」（遮断弁17が開）である場合はステップS17に進み、判定結果が「NO」（遮断弁17が閉）である場合はステップS11に進む。

ステップS11において水素ガス投入前の燃料電池1のセル電圧（総電圧）に応じたパージ弁15の開弁時間を算出する。例えば、第1実施形態の図4のように、最低セル電圧を境にしてパージ弁15の開弁時間を持ち替えてもよいし、セル電圧が高ければ高いほど、開弁時間を徐々に短く設定するようにもできる。

燃料電池1の電圧が低ければ低いほど、燃料電池1の停止時間が長いことになるので、残留している水素ガスと空気中の酸素ガスとが反応して多くの窒素ガスが残留していることになり、パージ弁15を開弁時間を長く設定する必要があるからである。このように、燃料電池1のセル電圧に基づいて燃料電池1の停止時間を推定して、この推定停止時間に基づいて、パージ弁15の開作動のタイミングを設定する。

次に、ステップS12において開弁時間の算出が終了したか否かを判定する。判定結果が「YES」（開弁時間算出終了）である場合はステップS14に進み、判定結果が「NO」（開弁時間算出中）である場合はステップS13に進む。

ステップS14ではパージ弁15の開弁処理タイマをセットし、次のステップS15で水素供給開始を決定し、更に、ステップS16で遮断弁17を開いて処理を終了する。ステップS13においては、開弁時間を算出中なので遮断弁17は閉じたままの状態での処理を終了する。

そして、遮断弁17が開くとステップS10における判定が「YES」となり

、ステップS 1 7において開弁処理タイム＝0か否かを判定する。判定結果が「YES」（開弁処理タイム＝0）である場合はステップS 1 9に進みパージ弁15を開弁して処理を終了する。判定結果が「NO」（開弁処理タイム≠0）である場合はステップS 1 8に進み、パージ弁15を開いて処理を終了する。

したがって、遮断弁17を開き水素タンク11から水素ガスを供給すると共にパージ弁15を開いた場合に、水素投入前の燃料電池1のセル電圧（総電圧）に応じてパージ弁15の開弁時間を算出して、その時間だけパージ弁15を開くため、無駄に水素ガスを消費せず、又、燃料電池1の発電電圧が水素ガスの供給によって変動しないので、より正確にパージ弁15の開弁時間（閉弁時期）を設定することができ、短時間で燃料電池1を起動することができる。よって、燃料電池車両の始動性を良好にすることができる。

図7は図6に対応したこの発明の第2実施形態のタイムチャート図を示している。同図において、イグニッションスイッチ27がON（IGSWON）となると、燃料電池1は水素供給前のセル電圧チェック（dの区間）を行う。これにより、水素供給前の電圧により燃料電池1の停止時間、つまり内部残留窒素ガス量（あるいは水素ガス量）を推定し、この窒素ガスを排出するためパージ弁15の開時間（fの区間）を算出することができる。

次に、遮断弁17が開き水素ガスの供給が開始されて無負荷運転がなされ、水素供給後の無負荷電圧チェックがなされる（eの区間）。この無負荷電圧チェックは前記実施形態と同様の内容であるので説明は省略する。

水素ガスの供給が開始されるとパージ弁15が前記fの間だけ開くが、このパージ弁15の開作動により排出ガス処理装置10の水素ガス濃度は上昇する。つまり、燃料電池1内部の窒素ガスが排出された後に、水素ガス濃度が上がり始めるのである。その後、パージ弁15が閉じると、供給される水素ガスの一部が反応で消費される無負荷運転により水素ガス濃度は低下してゆく。

そして、セル電圧が発電許可判定電圧閾値Xとなると、燃料電池1がモータ18等の負荷に接続されて発電が開始される。これにより発電電流が生じセル電圧（総電圧）はやや低下する。

したがって、水素ガス供給前の燃料電池1のセル電圧（総電圧）に基づいてパ

ージ弁 15 の開弁時間を算出するため無駄な水素ガスが排出されないようにしてより早く発電を開始できるようにしている。尚、この実施形態では、水素供給前の燃料電池 1 の電圧により残留窒素ガス量又は水素ガス量を推定でき、正確に開弁時間（閉弁時期）を算出できるので、その点でも水素ガス濃度が排出水素濃度許可閾値を超えることがない点で有利である。

上記実施形態によれば、燃料電池システムを起動するにあたり、前記燃料電池 1 に水素ガスを供給すると共にパージ弁 15 を開作動させ、前記水素ガス循環流路 13 の窒素ガスが水素ガスで置換された後に、前記パージ弁 15 を閉作動させ、水素ガスの供給とパージ弁 15 の開作動により、とりわけ窒素ガスによる悪影響が大きい水素ガス側の系内の窒素ガスを排出して、水素ガスを供給し燃料電池 1 内に水素ガスで置換することにより、無駄な水素ガスを使用せず、水素ガス循環流路 13 に残留した窒素ガスが障害となって発電開始までの時間が長くなるのを防止できる。したがって、頻繁に走行停止を繰り返し、始動性能が要求される車両搭載用の燃料電池 1 として使用した場合に好適である。

図 7 においてパージ弁 15 の開閉状態を示す部分に破線で示すように、前記パージ弁 15 を閉作動させる時期（タイミング）は、前記燃料電池 1 の停止時間に応じて決定することができる。すなわち、燃料電池 1 の停止時間が長ければ長いほど、パージ弁 15 を閉作動させる時期を遅らせて、窒素ガスを水素ガスで置換する時間を確保することができる。よって、燃料電池 1 の停止時間に応じて決定される水素ガス循環流路 13 内の残留窒素ガスを水素ガスで置換できた時点で正確にパージ弁 15 を閉作動させることができる。

そして、前記燃料電池 1 の停止時間は、前記燃料電池 1 の温度又は前記燃料電池 1 のセル電圧や総電圧に基づいて推定されるので、燃料電池 1 の停止時間が長ければ長いほど燃料電池 1 の温度は低くなり、又は発電電圧は低くなることに着目して、水素ガスに置換すべき窒素ガスの量を決定する前記燃料電池 1 の停止時間を正確に推定できる。

又、前記パージ弁 15 を閉作動させる時期を、前記水素ガス循環流路 13 からの排出ガスに含まれる水素ガス濃度によっても決定しているため、排出される水素ガス濃度を直接的に用いることで、無駄な水素ガスの使用を最小限に抑え、水

素ガス循環流路 13 に残留した窒素ガスが障害となって発電開始までの時間が長くなるのを防止し、燃料電池車両の始動性を高めることができる。

次に、図 8 のフローチャートに基づいてこの発明の第 3 実施形態の燃料電池システムの起動処理について説明する。

この実施形態では、ページ弁 15 の開弁時間を、燃料電池のスタック電圧（総電圧。セル電圧でも可）とアノード圧力とに基づいて定めたものである。

ステップ S 20 において、電圧センサ 24 で測定されたスタック電圧が閾値 V_0 （図 9 参照）以下か否かを判定する。判定結果が「YES」（スタック電圧が閾値 V_0 以下）である場合はステップ S 22 に進み、判定結果が「NO」（スタック電圧が閾値 V_0 より上）である場合はステップ S 21 に進む。

ステップ S 21 において水素ガス投入前の燃料電池 1 のスタック電圧に応じたページ弁 15 の開弁時間 b' を算出する。この算出は図 9 のグラフに基づいて行われる。このグラフは燃料電池停止時間に対するスタック電圧を示している。また、スタック電圧と開弁時間とのマップを別途有しており、スタック電圧が閾値 V_0 より高い場合には開弁時間を b' に設定する。上述したように、燃料電池 1 の電圧が低ければ低いほど、燃料電池 1 の停止時間が長いと判断できることから、開弁時間 b' は、後述する開弁時間 b 、開弁時間 c よりも短い時間に設定される。このように、燃料電池 1 のスタック電圧に基づいて燃料電池 1 の停止時間を推定して、この推定停止時間に基づいて、ページ弁 15 の閉作動のタイミングを設定する。

ステップ S 22 では圧力センサ 26 で測定されたアノード圧力が閾値 P_0 （図 10 参照）以上か否かを判定する。判定結果が「YES」で、閾値 P_0 以上であればステップ S 24 に進み、判定結果が「NO」で、閾値 P_0 未満であればステップ S 23 に進む。ステップ S 23 において、ページ弁 15 の開弁時間 b を算出する。また、ステップ S 24 において、ページ弁 15 の開弁時間 c を算出する。これらの開弁時間 b 、 c の算出は図 10 のグラフに基づいて行われる。このグラフは燃料電池停止時間に対するアノード圧力を示している。また、アノード圧力と開弁時間とのマップを別途有しており、アノード圧力が閾値 P_0 よりも小さいと開弁時間を b に設定し、閾値 P_0 以上のときは開弁時間を c に設定する。ここ

で、開弁時間 b は開弁時間 c より短い、上述した開弁時間 b' より長い時間に設定している。

この時間設定は以下の点に着目してなされている。すなわち、前記燃料電池停止時間が比較的短い場合には、水素ガス循環流路 13 内に残存する水素が前記酸素ガスの系内に残存する酸素と反応するため、前記水素ガス循環流路 13 の圧力は低下していく。ただし、前記燃料電池停止時間が比較的長くなると前記酸素ガスの系内に残存する窒素ガスが前記燃料ガスの系内に逆拡散するため、水素ガス循環流路 13 の圧力は上昇していく。従って、このような点に着目することで、前記燃料電池推定停止時間を精度よく推定することができるので、燃料ガス側の系内から窒素ガスを排出して燃料ガスで満たすことができるとともに、無駄な燃料ガスを使用せず、水素ガス循環流路 13 に残留した窒素ガスが障害となって発電開始までの時間が長くなるのをより確実に防止できる。

上述の実施形態においては、開作動したパージ弁 10 を閉作動させるタイミングの設定について説明したが、以下の実施形態においては、パージ弁 10 の開作動させるタイミングの設定について説明する。

図 11 に基づいて、この発明の第 4 実施形態の起動処理について説明する。図 11 のステップ S 31 でイグニッションスイッチ 27 (図 1 参照) が ON であるか否かを判定し、ON である場合 (「YES」の場合) にはステップ S 32 に進み、OFF である場合 (「NO」の場合) にはステップ S 31 に戻り、処理を繰り返す。

次に、ステップ S 32 では、遮断弁 17 を開弁させると共に水素ポンプ 14 を作動させ、水素タンク 11 からの水素ガスを水素ガス供給流路 12 を介して燃料電池 1 のアノード 3 に供給する。また、コンプレッサ 7 を作動させると共に、圧力調整弁 (図示せず) を開弁させ、空気を空気供給流路 8 を介して燃料電池 1 のカソード 4 に供給し、ステップ S 33 に移る。

ステップ S 33 では、圧力センサ 26 によりアノード 3 の入口側における水素ガスの圧力 P_1 を測定する。つまり、圧力センサ 26 は、イグニッションスイッチ 27 を ON とし、反応ガスが燃料電池 1 のアノード 3 内に供給される前の圧力、即ち発電停止時の水素ガス循環流路 13 の圧力を測定する。水素ガス循環流路

13の圧力は、燃料電池車両の停車時間に応じて変化する。すなわち、図10に示した通り、停車中の水素ガス循環流路13内の水素ガスは燃料電池において消費されるため、水素ガス循環流路13内の圧力は低下傾向になり、大気圧よりも低い圧力まで低下する。その後、空気極（カソード）4に滞留している空気中の窒素などが水素ガス循環流路13内に固体高分子電解質膜2を介して透過してくるに伴い水素ガス循環流路13内の圧力は上昇するものの、大気圧よりも低い圧力であることもある。このように水素ガス循環流路13内の圧力は燃料電池車両の停車時間によって変化する。本実施形態では、水素ガス循環流路13内の圧力に基づいて燃料電池1の停止時間を推定して、この推定停止時間に基づいて、パージ弁15の開作動のタイミングを設定する。

ここで、ECU19は、図12に示す特性線図を有し、この特性線図に基づいて、水素ガスの圧力 P_1 に応じた所定時間（開弁開始時間） T_1 を算出する。この特性線図では、後記するように水素ガス循環流路13内への不純ガスの逆流等を防止するため、水素ガス循環流路13の圧力 P_1 が小さい程、遮断弁17の開弁開始時間が長くなるように設定してある。そして、ECU19は、圧力センサ26による測定値（圧力 P_1 ）に応じて、遮断弁17の開弁開始時刻からパージ弁15の開弁開始時刻までの時間 T_1 （図13参照）を設定する開弁開始時間設定手段を有している。

次に、ステップS34では、遮断弁17を開弁してから所定時間 T_1 が経過したか否かを判定する。所定時間 T_1 が経過したときには（「YES」の場合）、水素タンク11より十分な量の水素ガスが水素ガス循環流路13に供給されていることから水素ガスの圧力 P_1 が「大気圧+数kPa」まで上昇しているものとみなし（図13参照）、ステップS35に移る。所定時間 T_1 が経過していないときには（「NO」の場合）、水素ガスの圧力 P_1 が「大気圧+数kPa」まで到達していないものとみなし、ステップS34の処理を繰り返す。

そして、最後にステップS35では、パージ弁15をタイマ（図示せず）等を用いて予め決められた所定時間 T_2 （図13参照）だけ開弁状態に保持し、この間に、水素ガス循環流路13内の水素ガスをパージし、パージ弁15の開弁処理を終了する。

該所定時間T2は、水素ガス循環流路13に滞留していると推定される窒素などの不純物ガスなどを置換するのに十分な時間に設定してあり、その設定方法などは前述した第1から第3実施形態に記載のいずれかの方法で設定する。例えば水素ガス循環流路13の圧力や燃料電池1のセル電圧（総電圧）、冷却水温度のいずれかのパラメータ、またはそれらの複合のパラメータに応じて設定することができる。

また、パージ弁15より放出される水素ガス濃度に応じてパージ弁15を開弁するようにしても良い。ここで、水素循環流路13内に滞留していた窒素ガスなどの不純物ガスは、水素タンク11より供給された水素によって押し出され、パージ弁15より排出される。このときパージ弁15より排出される水素の濃度を測定し、その濃度がある所定の濃度を越えたときには、水素ガス循環流路13内の不純物ガスが十分排出された（すなわち水素ガス循環流路13内の窒素が水素ガスによって置換された）とし、その時点（タイミング）でパージ弁15を閉作動する。

このように、本実施形態では、図13に示すように、燃料電池1による発電開始前において、アノード入口圧力（P1）が予め「大気圧+数kPa」となった状態で、パージ弁15による水素ガス循環流路13内のパージを行うことができ、水素ガス循環流路13内への空気等の不純ガスの逆流等を防止でき、水素ガス循環流路13内の水素ガスのパージを円滑に行うことができる。

従って、発電開始前において、燃料電池1のアノード3空間に滞留している不純ガス（空気）を、効率的に排除でき、これにより水素ガス循環流路13内を高濃度な水素ガスに置換することができ、燃料電池1の起動（発電開始）を円滑に行うことができる。なお、「大気圧+数kPa」における「数kPa」は不純ガスの逆流等を防止する観点から定められる。

図14に基づいて、この発明の第5実施形態の起動処理について説明する。

まず、ステップS41でイグニッションスイッチ27がONであるか否かを判定し、ONである場合（「YES」の場合）にはステップS42に進み、OFFである場合（「NO」の場合）にはステップS41に戻り、処理を繰り返す。

次に、ステップS42では、遮断弁17を開弁させると共に水素ポンプ14を

作動させ、水素タンク 11 からの水素ガスを水素ガス供給流路 12 を介して燃料電池 1 のアノード 3 に供給する。また、コンプレッサ 7 を作動させると共に、圧力調整弁（図示せず）を開弁させ、空気を空気供給流路 8 を介して燃料電池 1 のカソード 4 に供給し、ステップ S 43 に移る。

ステップ S 43 では、圧力センサ 26 によりアノード 3 の入口側における水素ガスの圧力 P_1 を測定し、この水素ガスの圧力 P_1 が予め決められた所定値（大気圧＋数 kPa ）よりも大きいかな否かを判定する。この圧力センサ 26 についても、前記第 4 実施形態と同様に、イグニッションスイッチ 27 を ON とし、反応ガスが燃料電池 1 のアノード 3 内に供給される前の圧力、即ち発電停止時の水素ガス循環流路 13 の圧力を測定する。水素ガス循環流路 13 の圧力は、燃料電池車両の停車時間に応じて変化する。すなわち、図 10 に示した通り、停車中の水素ガス循環流路 13 内の水素ガスは燃料電池において消費されるため、水素ガス循環流路 13 内の圧力は低下傾向になり、大気圧よりも低い圧力まで低下する。その後、空気極（カソード）4 に滞留している空気中の窒素などが水素ガス循環流路 13 内に固体高分子電解質膜 2 を介して透過してくることに伴い水素ガス循環流路 13 内の圧力は上昇するものの、大気圧よりも低い圧力であることもある。このように水素ガス循環流路 13 内の圧力は燃料電池車両の停車時間によって変化する。本実施形態では、水素ガス循環流路 13 内の圧力に基づいて燃料電池 1 の停止時間を推定して、この推定停止時間に基づいて、ページ弁 15 の開作動のタイミングを設定する。そして、本実施形態による ECU 19 は圧力センサ 26 の測定値が所定値以上かな否かを判定する判定手段を有している。

そして、ステップ S 43 において水素ガスの圧力 P_1 が所定値（大気圧＋数 kPa ）よりも大きい場合（「YES」の場合）には、ステップ S 44 に移り、小さい場合（「NO」の場合）にはステップ S 43 に戻って処理を繰り返す。

ステップ S 44 では、ページ弁 15 を一定時間だけ開弁状態に保持し、この間、水素ガス循環流路 13 内の水素ガスをパージし、処理を終了する。即ち、本実施形態による ECU 19 は、圧力センサ 26 が測定した水素ガスの圧力 P_1 が所定値以上のときにページ弁 15 を開弁状態に保持する水素パージ弁開弁手段を有している。

このときのパージ弁開弁時間は、第4実施形態に記載したように水素ガス循環流路13内の圧力や、燃料電池1の電圧、冷却水の温度などに応じて設定してもよく、この場合、その開弁時間が経過した後にパージ弁15を閉弁するようにする。パージ弁15の開弁時間は、水素ガス循環流路13に滞留していると推定される窒素などの不純物ガスなどを水素によって置換するのに十分な時間に設定してある。

また、パージ弁15より放出される水素ガス濃度に応じてパージ弁15を閉弁するようにしても良い。ここで、水素ガス循環流路13内に滞留していた窒素ガスなどの不純物ガスは、水素タンク11より供給された水素によって押し出され、パージ弁15より排出される。このときパージ弁15より排出される水素の濃度を測定し、その濃度がある所定の濃度を越えたときには、水素ガス循環流路13内の不純物ガスが十分排出された（すなわち水素ガス循環流路13内の窒素が水素ガスによって置換された）とし、その時点（タイミング）でパージ弁15を閉作動する。

このように構成される本実施の形態でも、燃料電池1による発電開始前において、アノード入口圧力（ P_1 ）が予め「大気圧+数kPa」となった状態で、パージ弁15による水素ガス循環流路13内のパージを行うことができ、水素ガス循環流路13内への空気等の不純ガスの逆流を防止でき、前記第4実施形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。

尚、この発明は上記実施形態に限られるものではなく、例えば、燃料電池車両に搭載される燃料電池に限られるものではない。

又、パージ弁15の閉弁時期を決定するために、燃料電池1の停止時間を直接的に測定して用いることもできる。この場合は燃料電池1の停止時間が短ければ短いほどパージ弁15を閉じる時期を早めに設定することで対処できる。

更に、燃料電池1の温度、セル電圧（総電圧）、あるいは前記水素ガス循環流路13からの排出ガスに含まれる燃料ガス濃度の何れか1つを単独であるいは任意に組み合わせて用いてパージ弁15を閉作動させる時期を決定することができる。また、燃料は、圧縮空気中の酸素と反応するものであれば何でも良く、例えば有機系の含水素化合物を改質器で改質することにより生成した改質水素なども

供給することができる。

特許請求の範囲

1. 燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、

前記燃料電池に燃料ガスを供給すると共に前記パージ弁を開作動させて、前記空気に由来し前記燃料ガス循環流路内に存在する窒素ガスを前記燃料ガスで置換する段階と、

前記燃料ガス循環流路内の前記窒素ガスが前記燃料ガスで置換された後に、前記パージ弁を閉作動させる段階と、を含む。

2. 請求項 1 に記載の燃料電池システムの起動方法であって、前記パージ弁を開作動させる時期は、前記燃料電池の停止時間に応じて決定される。

3. 請求項 2 に記載の燃料電池システムの起動方法であって、前記燃料電池の停止時間は、前記燃料電池の温度に基づいて推定される。

4. 請求項 2 に記載の燃料電池システムの起動方法であって、前記燃料電池の停止時間は、前記燃料電池の電圧に基づいて推定される。

5. 請求項 1 に記載の燃料電池システムの起動方法であって、前記パージ弁を閉作動させる時期は、前記燃料ガス循環流路からの排出ガスに含まれる燃料ガス濃度に応じて決定される。

6. 燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記

燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、

前記燃料電池に燃料ガスの供給を開始する段階と、

前記燃料ガスの供給開始後に、前記燃料電池の推定停止時間に応じて決定される時間だけ前記パージ弁を開作動させる段階と、

前記パージ弁を閉作動させる段階と、を含む。

7. 請求項6に記載の燃料電池システムの起動方法であって、前記燃料電池の推定停止時間は、前記燃料電池の温度に基づいて推定される。

8. 請求項6に記載の燃料電池システムの起動方法であって、前記燃料電池の推定停止時間は、前記燃料電池の電圧に基づいて推定される。

9. 請求項6に記載の燃料電池システムの起動方法であって、前記パージ弁の閉作動後、前記燃料電池の発電を開始する段階をさらに含む。

10. 請求項6に記載の燃料電池システムの起動方法であって、前記パージ弁を閉作動させる時期は、前記燃料ガス循環流路の圧力および前記燃料電池の電圧に応じて決定される。

11. 燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、

前記燃料電池に燃料ガスの供給を開始する段階と、

前記燃料ガスの供給開始後に、前記パージ弁を開作動させる段階と、

前記燃料ガス循環流路からの排出ガスに含まれる燃料ガス濃度に応じて前記パージ弁を閉作動させる段階と、を含む。

1 2. 請求項 1 1 に記載の燃料電池システムの起動方法であって、前記パージ弁の開作動後、前記燃料電池の発電を開始する段階をさらに含む。

1 3. 請求項 1 1 に記載の燃料電池システムの起動方法であって、前記パージ弁を開作動させる時期は、前記燃料ガス循環流路の圧力および前記燃料電池の電圧に応じて決定される。

1 4. 燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、

前記燃料電池に燃料ガスを供給する段階と、

前記燃料ガスの供給中に、前記燃料ガス循環流路内の圧力を測定する段階と、

前記圧力の測定値に応じてパージ弁の開弁開始時刻を設定する段階と、を含む。

。

1 5. 請求項 1 4 に記載の燃料電池システムの起動方法であって、

前記パージ弁の開弁開始時刻経過後に前記パージ弁を開作動させる段階と、

前記空気に由来し前記燃料ガス循環流路内に存在する窒素ガスが前記燃料ガスで置換された後に、前記パージ弁を開作動させる段階と、をさらに含む。

1 6. 燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、

前記燃料電池に燃料ガスを供給する段階と、

前記燃料ガスの供給中に、前記燃料ガス循環流路内の圧力を測定する段階と、
前記圧力の測定値が所定値以上か否かを判定する段階と、
前記圧力の測定値が所定値以上になった時に、前記パージ弁を開作動させる段階と、を含む。

17. 請求項16に記載の燃料電池システムの起動方法であって、

前記パージ弁の開作動後、前記空気に由来し前記燃料ガス循環流路内に存在する窒素ガスが前記燃料ガスで置換された後に、前記パージ弁を開作動させる段階をさらに含む。

18. 燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、

前記燃料電池の推定停止時間に応じて、前記パージ弁を開作動または閉作動させるタイミングを設定する段階を含む。

要 約 書

燃料ガスと空気中の酸素ガスとの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、前記燃料電池に接続された燃料ガス排出流路及び燃料ガス供給流路と、前記燃料ガス排出流路を前記燃料ガス供給流路に合流させる燃料ガス循環流路と、前記燃料ガス循環流路から循環燃料ガスを排出するために前記燃料ガス循環流路に設けられたパージ弁と、を備えた燃料電池システムの起動方法であって、前記燃料電池に燃料ガスを供給すると共に前記パージ弁を開作動させて、前記空気に由来し前記燃料ガス循環流路内に存在する窒素ガスを前記燃料ガスで置換する段階と、前記燃料ガス循環流路内の前記窒素ガスが前記燃料ガスで置換された後に、前記パージ弁を閉作動させる段階と、を含む。